

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ISSN 1563-0064

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ИНФОРМАТИКА

Научно-технический журнал

Основан в 1997 г.

№ 3(58), июль – сентябрь 2012

Выходит 4 раза в год

© *Харьковский национальный
университет радиоэлектроники, 2012*

Свидетельство о государственной регистрации КВ № 12097-968 ПР 14.12.2006

РИ, 2012, № 3

СОДЕРЖАНИЕ

РАДИОТЕХНИКА

САХНЕНКО Н.К. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧАСТОТЫ В ФОТОННЫХ МОЛЕКУЛАХ С МЕНЯЮЩИМСЯ ВО ВРЕМЕНИ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ	3
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

ЭЛЕКТРОНИКА

АЛЕКСЕЕВ В.Ф., ПИСКУН Г.А. ВЛИЯНИЕ РАЗРЯДОВ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА НА ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ИНСТАЛЛИРОВАННОЕ ВО ВСТРОЕННУЮ FLASH-ПАМЯТЬ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ.....	8
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

КОЛОСОВА С.В., ЛАМТЮГОВА С.Н., СИДОРОВ М.В. ПРИМЕНЕНИЕ ИТЕРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ К РЕШЕНИЮ ВНЕШНИХ ЗАДАЧ ГИДРОДИНАМИКИ	13
БЛИШУН А.П. ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ФИЛЬТРАЦИОННОГО ТЕЧЕНИЯ ПОД ФЛЮТБЕТОМ ПРИ НАЛИЧИИ ЛИНЗ.....	18
АРТЮХ А.В., ЯЛОВЕГА И.Г. ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ЗАДАЧ ВЯЗКОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОЙ ЖИДКОСТИ	22
ГИБКИНА Н.В., РОГОВОЙ Н.С., СИДОРОВ М.В., СТАДНИКОВА А.В. ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ МЕТОДОМ R-ФУНКЦИЙ.....	28

КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

ВАСИЛЕВИЧ Л.Ф., МИХАЙЛЮК А.Ю., МИХАЙЛЮК О.С., ОГНІВЧУК Л.М., ТАРАСЕНКО В.П. ФУНКЦІОНАЛЬНО-ОРИЄНТОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ПРІОРИТЕТНОСТІ ЧАСТКОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	35
ХАХАНОВ В.И., ГЕРАСИМЕНКО К.Е. МЕТОД ПРИРАЩЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕСТОПРИГОДНОСТИ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ	45
КАМЕНЕВА И.В., АФАНАСЬЕВ А.С. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОБЩЕЙ МОДЕЛИ СЛОВОИЗМЕНЕНИЯ ИМЕН ПРИЛАГАТЕЛЬНЫХ РУССКОГО ЯЗЫКА	52
ЛИСИЦКАЯ И.В., НАСТЕНКО А.А., ЛИСИЦКИЙ К.Е. О КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ СХЕМ РАЗВОРАЧИВАНИЯ КЛЮЧЕЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СТОЙКОСТИ БЛОЧНЫХ СИММЕТРИЧНЫХ ШИФРОВ К АТАКАМ ЛИНЕЙНОГО И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО КРИПТОАНАЛИЗА	56
ХАХАНОВ В.И., ЧУМАЧЕНКО С.В., MURAD ALI ABBAS, ГОРОБЕЦ А.А., СКОРОБОГАТЫЙ М.В., БЕЛОУС В.В. МОДЕЛИ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР	66

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

ГЛОБА Л.С. , ЛИСЕНКО Д.С. , АЛЕКСЕЕВ М.О. МЕТОД АНАЛІЗУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ СТАНДАРТУ LTE.....	72
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

НИКОНОВ О.Я., ШУЛЯКОВ В.М. ВПЛИВ ФУНКЦІЇ НАЛЕЖНОСТІ НА ЯКІСТЬ НЕЧІТКИХ РЕГУЛЯТОРІВ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ СЛІДКУЮЧИХ ПРИВОДІВ АВТОМОБІЛІВ.....	79
ГРИЦУНОВ А.В., СТЕПАНОВ В.П., НЕСТЕРЕНКО Л.В. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ В ЗАДАЧАХ СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ПЛАНИРОВАНИЯ.....	83
БОНДАРЕНКО М.А. РОЗРОБКА ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЗНАНЬ ЗА ТЕМОЮ «РОБОТА З ФОРМУЛАМИ В РЕДАКТОРІ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ ПАКЕТА OPENOFFICE».....	90
РЕФЕРАТИ	93
ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ АВТОРОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА	97

Розглянуто задачу подання коефіцієнтів пріоритетності нечіткими величинами для врахування найбільш суб'єктивних суджень ОПР. Наведено процедуру отримання відношення нечіткого загального показника ефективності ПАС до того чи іншого терму ЛЗ «Загальний показник ефективності». Одержані результати можуть бути застосовані при проектуванні ПАС на етапі вибору методу визначення коефіцієнтів пріоритетності часткових показників при оцінці загального показника ефективності проекту.

Література: 1. *Функціонально-орієнтований підхід до проектування інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем* / Л.Ф. Василевич, А.Ю. Михайлюк, В.П. Тарасенко, О.К. Тесленко // Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2010. Т.12, №2. С. 128-142. 2. *Функціонально-орієнтоване проектування інформаційно-аналітичних систем. Аналіз чутливості та стабільності загального показника ефективності* / Л.Ф. Василевич, Я.М. Клятченко, А.Ю. Михайлюк, О.С. Михайлюк, Л.М. Огнівчук, В.П. Тарасенко // Науковий вісник Чернівецького національного університету ім. Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. 2010. Т. 1. Вип.2. С. 12-23. 3. *Домарев В.В. Безопасность информационных технологий. Методология создания систем защиты* / В.В. Домарев. К.: ООО «ТИД «ДС», 2001. 688с. 4. *Королев В.А. «О природе принципа Парето»*, <http://www.certicom.kiev.ua/pareto-prinzyp.html>. 5. *Поспелов Б.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта* / Под ред. Б.А. Поспелова. М.: Наука, 1986. 32 с. 6. *Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH*: / А.В. Леоненков. СПб.: BHV, 2003. 736 с. 7. *Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств*. М.: Радио и связь, 1982. 432 с. 8. *Мацневский С.В. Нечеткие множества: Учебное пособие* / Мацневский С.В. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. 176 с.

Надійшла до редколегії 08.10.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Володарський Є.Т.

УДК681.324:519.613

МЕТОД ПРИРАЩЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕСТОПРИГОДНОСТИ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

ХАХАНОВ В.И., ГЕРАСИМЕНКО К.Е.

Разрабатывается математический аппарат и метод приращений для повышения контролепригодности критических систем управления. Отличительной особенностью метода от существующих является использование логических элементов защит, построенных на базе арифметических операций с интегральной оценкой значений входных сигналов в диапазоне $[0;1]$, без использования логических операций и операций отношения. Это позволяет проверять работоспособность данных элементов по их реакции на изменения входного непрерывного сигнала от канала ввода в АЦП через все логические элементы защит, в которых используется данный сигнал, до дискретного выходного элемента, формирующего команду защиты на конкретный исполнительный механизм. Данный метод позволяет обеспечить контроль и диагностирова-

Василевич Леонід Федорович, канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних технологій та математичних дисциплін Київського університету імені Бориса Грінченка. Наукові інтереси: прийняття рішень за умов нечіткої інформації, ризику та конфлікту. Адреса: Україна, 04212, Київ, вул. Тимошенко, 13-Б, E-mail:lvasilevich@mail.ru.

Михайлюк Антон Юрійович, канд. техн. наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри інформатики Київського університету імені Бориса Грінченка. Наукові інтереси: методи та засоби інтелектуального аналізу природномовних текстових інформаційних об'єктів. Адреса: Україна, 04212, Київ, вул. Тимошенко, 13-Б, E-mail:may-62@ukr.net.

Михайлюк Олена Станіславівна, науковий співробітник кафедри системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Наукові інтереси: експертні системи, їх застосування в задачах аналізу даних. Адреса: Україна, 03056, Київ, просп. Перемоги, 37, E-mail: mes@scs.ntu-kpi.kiev.ua.

Огнівчук Леся Миколаївна, викладач кафедри інформаційних технологій і математичних дисциплін Київського університету імені Бориса Грінченка. Наукові інтереси: методи та алгоритми автоматичного реферування текстової інформації. Адреса: Україна, 04212, Київ, вул. Тимошенко, 13-Б, E-mail:Bigun_lm@ukr.net

Тарасенко Володимир Петрович, д-р техн. наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки. Завідувач кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Наукові інтереси: методи та засоби підвищення ефективності обробки ресурсів глобального електронного інформаційного простору. Адреса: Україна, 03056, Київ, просп. Перемоги, 37, E-mail:vtarasen@scs.ntu-kpi.kiev.ua

ние целого ряда неисправностей типа «несрабатывание», относящихся к категории скрытых в существующих реализациях оборудования защит, которые используют логические операции и операции отношения.

1. Введение

Повышение тестопригодности критических систем управления является актуальной задачей и предметом различного рода исследований и конструкторских решений. Цель данного исследования – разработка математического аппарата, позволяющего создавать и тестировать схемы логических элементов без использования традиционной бинарной арифметики, за счет многомерного (многоуровневого) представления входных, выходных данных процессов их обработки в критических системах. Задачи исследования: 1) разработка математического аппарата для тестирования логических блоков цифровыми эквивалентами аналоговых изменений; 2) создание моделей логических элементов и блоков для проверки их работоспособности; 3) разработка метода повышения тестопригодности для проверки логических блоков устройств защиты атомных станций.

2. Математический аппарат тестирования логических блоков

Объект исследования – критическая система (КС) взаимодействующих программно-аппаратных компонентов [1]. Все состояния КС, с учетом всех типов ее функциональных нарушений (ФН), не выводят объект за границы заданной функциональности киберсистемы, представленной булевой функцией в момент времени (такт) i :

$$Y_i = f(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{ik}, S_{i-1}) \in \mathbb{R} = \{0, \dots, 1\},$$

Модель ФН накладывается на графовую структуру функциональных модулей, имеющих входные и выходные транзакционные переменные. Транзакционный граф представлен дугами – функциональностями (сервисами) с мониторами (ассерциями), а также вершинами, формирующими состояния киберсистемы, посредством переменных, памяти, интерфейсных портов ввода-вывода информации, приемопередатчиков, терминалов, компьютеров: $F = (A * B) \times S$, где $S = \{S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_m\}$ – вершины или состояния КС при моделировании тестовых сегментов. Каждое состояние $S_i = \{S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{ij}, \dots, S_{ip}\}$ определяется значениями существенных переменных КС (переменные, память, терминалы, компьютеры) (рис. 1).

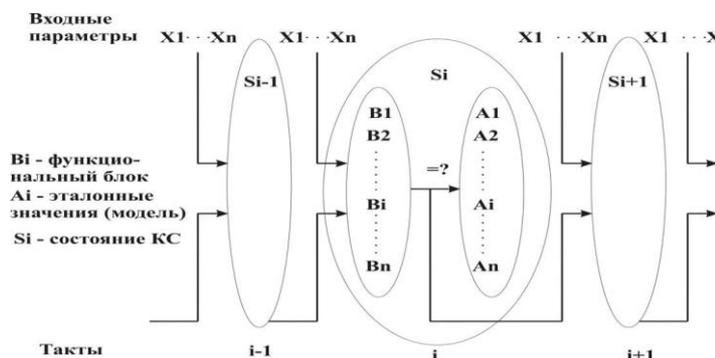


Рис. 1. Графовая структура функциональных модулей КС

Ориентированные дуги графа есть функциональные блоки:

$$B = (B_1, B_2, \dots, B_i, \dots, B_n), \quad \bigcup_{i=1}^n B_i = B; \quad \bigcap_{i=1}^n B_i = \emptyset,$$

где каждому из них может быть поставлена в соответствие ассерция $A_i \in A = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$ для мониторинга функциональностей вовремя и в пространстве.

Метрика – способ измерения расстояния в пространстве между компонентами процессов или явлений, описанных векторами логических переменных. Расстояние (булева производная, степень изменения, различия или близости) определяется хог-отношением векторов (матриц), обозначающих компоненты процесса или явления, что отличает его от кодового

расстояния по Хэммингу. Процедуры сравнения, измерения, оценивания, распознавания, тестирования, диагностирования оперируют хог-отношением объектов или их компонентов. Компонент пространства представлен k -мерным вектором

$$a = (a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_k), \quad a_j \in \mathbb{R} = \{0, \dots, 1\},$$

где каждая его координата определена в алфавите, $[0;1)$ – «ложь», $[1]$ – «истина». Нуль-вектор есть k -мерный кортеж, все координаты которого равны нулю:

$$a_j = 0, \quad j = 1, k.$$

Метрика β кибернетического пространства определяется равенством [1]: $\beta = \bigoplus_{i=1}^n d_i = 0$, которое формирует нуль-вектор для хог-суммы расстояний d_i между ненулевым и конечным числом объектов, замкнутых в цикл. Здесь n – количество расстояний между компонентами (векторами) пространства, составляющими цикл $D = (d_1, d_2, \dots, d_i, \dots, d_n)$, d_i – есть вектор расстояния, соответствующий ребру цикла, который соединяет два компонента (вектора) a, b пространства и далее обозначается без индекса как $d(a, b)$. Расстояние между двумя объектами a и b есть производный вектор:

$$d(a, b) = (a_j \oplus b_j)_1^k.$$

Векторному значению расстояния соответствует норма (скаляр), определяемая кодовым расстоянием по Хэммингу между двумя векторами в виде числа единиц вектора $d(a, b)$.

Полное совпадение двух объектов характеризуется нулевой оценкой их несовпадения. Противоположным вариантом оценивания является максимальное несовпадение, соответствующее 1. При этом все остальные промежуточные варианты несовпадения оцениваются в диапазоне $(0;1)$. Достоинство введенного критерия несовпадения (непринадлежности, различия) заключается в линейности изменения его численного значения от 0 до 1 по мере увеличения «расстояния» от полного совпадения двух объектов до максимально возможного, что позволяет осуществлять тестирование на значительно большем количестве комбинаций входных данных и повысить контролепригодность КС.

Проблема синтеза или анализа компонентов произвольной системы может быть сформулирована в виде взаимодействия (симметрической разности – аналог хог-операции на булеане) в кибернетическом пространстве ее модели F с входными воздействиями T и реакциями L [2-3]:

$$f(F, T, L) = \emptyset \rightarrow F \Delta T \Delta L = \emptyset.$$

В свою очередь, процедуры синтеза тестов, моделирования ФН и их диагностирования можно свести к

хог-отношениям на графе (рис. 2) полного взаимодействия четырех вершин (F-функциональность(модель), U – КС, Т-входные воздействия, L- реакция на ФН) $G = \{F, U, T, L\}$.

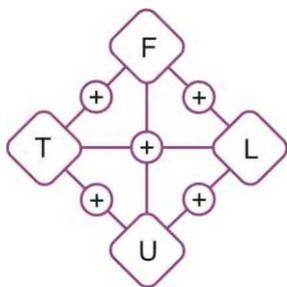


Рис. 2. Граф взаимодействия компонентов тестирования

В соответствии с рис. 2, все задачи тестирования можно классифицировать в группы следующим образом. Группа 1 – теоретические эксперименты (на модели функциональности):

- синтез теста по модели функциональности для заданного списка ФН;
- построение модели функциональности на основе заданного теста и списка ФН;
- моделирование ФН функциональности на заданном тесте.

Группа 2 – реальные эксперименты (на КС), без модели функциональности:

- синтез теста путем физической эмуляции ФН в КС;
- определение списка ФН устройства при выполнении диагностического эксперимента;
- верификация теста и ФН эксперимента на реальной КС.

Группа 3 – тестовые эксперименты (верификация), без ФН:

- синтез теста путем сравнения результатов моделирования модели и реальной КС;
- синтез функциональности по реальной КС и заданному тесту;
- верификация теста и модели функциональности относительно реальной КС с существующими ФН.

Группа 4 – эксперименты в процессе функционирования КС, на рабочих воздействиях:

- проверка правильности поведения реальной КС на существующих или заданных ФН;
- проверка работоспособности устройства относительно существующей модели в процессе функционирования;
- верификация функциональности и списка ФН относительно поведения реального КС.

Наибольший интерес, в части влияния на безопасность, представляют задачи из группы 4, поскольку они выполняются в процессе непрерывного диагнос-

тирования КС на объекте в течение всего жизненного цикла.

Для решения задач из группы 4 может быть предложен дедуктивный метод поиска ФН в КС. Основная его идея заключается в анализе сопоставления данных между КС и моделью с целью обнаружить ФН в штатных(функциональных) режимах работы КС. Для имплементации в инфраструктуру КС необходимо иметь графовую модель логики функционирования киберсистемы, которая достаточно просто может быть трансформирована к системе логических уравнений, пригодной для дедуктивного анализа. Далее предлагается модель дедуктивно-параллельного синхронного анализа КС, которая позволяет за одну итерацию обработки структуры вычислить все ФН, проверяемые на тест-векторе. Цель дедуктивного анализа – определить качество синтезируемого теста относительно полноты покрытия им ФН, а также построить таблицу проверки тестовыми наборами всех обнаруженных ФН КС для выполнения процедур диагностирования. Такая модель основана на решении уравнения:

$$L = T \oplus F, \quad (1)$$

где $F = (F_{m+1}, F_{m+2}, \dots, F_i, \dots, F_n)$ ($i = \overline{m+1, n}$) – совокупность функций исправного (корректного) поведения КС; m – число его входов;

$Y_i = F_i(X_{i1}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{in_i})$ – n_i -входовой i -й элемент схемы, реализующий F_i для определения состояния линии (выхода) Y_i на тест-векторе T_t ; здесь X_{ij} – j -й вход i -го элемента; тест $T = (T_1, T_2, \dots, T_t, \dots, T_k)$ – упорядоченная совокупность z мерных векторов, доопределенная в процессе исправного моделирования множестве входных, внутренних и выходных переменных, объединенная матрицу

$$T = [T_{ti}] = \begin{matrix} \begin{matrix} T_{t1}, T_{t2}, \dots, T_{ti}, \dots, T_{tn} \\ \dots \dots \dots \end{matrix} & / & \infty \\ \begin{matrix} T_{t1}, T_{t2}, \dots, T_{ti}, \dots, T_{tn} \\ \dots \dots \dots \end{matrix} & \infty & \\ \begin{matrix} T_{k1}, T_{k2}, \dots, T_{ki}, \dots, T_{kn} \end{matrix} & \infty & \end{matrix} \quad (2)$$

независимая координата которой определяется моделированием функции $T_{ti} = Y_i = F_i(X_{i1}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{in_i})$ на тест-векторе T_t ; $L = (L_1, L_2, \dots, L_t, \dots, L_k)$ – множество дедуктивных схем или моделей, где $L_t = (L_{t1}, L_{t2}, \dots, L_{ti}, \dots, L_{tn})$;

$$L_{ti} = T_t \oplus F_i \quad (3)$$

– дедуктивная функция (ДФ) параллельного моделирования неисправностей на тест-векторе T_t , соответствующая исправному элементу F_i , которая дает возможность вычислять список входных ФН, транспортируемых на выход элемента F_i [8].

Понятие синхронности введенной модели (1) определяется условием: $\Delta t = (t_{j+1} - t_j) \gg \tau \gg \tau_i$, когда ин-

тервал времени между сменой входных наборов ($t_{j+1} - t_j$), подаваемых на КС, намного больше максимальной задержки системы τ и элемента τ_i . Это позволяет исключить время как несущественный параметр [8], что используется в технологиях моделирования и синтеза тестов.

В общем случае, когда функция КС представлена таблицей истинности, применение формулы (1) позволяет получить для заданного тест-вектора T_j таблицу транспортирования ФН, по которой можно записать ДФ моделирования деструктивов.

Для аппаратной реализации дедуктивно-параллельного моделирования на основе симулятора может быть использована вычислительная структура, представленная на рис. 3. Особенность схемной реализации заключается в совместном выполнении двух операций: однобитовой – для эмуляции функций логических элементов And, Or и параллельной – для обработки многоуровневых векторов неисправностей путем выполнения операций логического умножения, отрицания и сложения.

Функциональное назначение основных блоков (память и процессор): 1. $M = [M_{ij}]$ – квадратичная матрица моделирования деструктивных ФН, где $i, j = 1, q$; q – общее число линий в обрабатываемой КС. 2. Векторы сохранения состояний корректного моделирования, определенные в моменты времени $t-1$ и t , необходимые для формирования дедуктивных функций примитивов. 3. Модуль памяти для хранения описания КС в виде структуры логических элементов. 4. Буферные регистры, размерностью q , для хранения

операндов и выполнения регистровых параллельных операций над векторами ДП, считанных из матрицы М. 5. Блок корректного моделирования для определения двоичного состояния выхода очередного обрабатываемого логического элемента. 6. Дедуктивно-параллельный симулятор, обрабатывающий за один такт две регистровых переменных $X1, X2$ в целях определения вектора ДП, транспортируемых на выход логического элемента Y .

Достоинство предложенной структуры моделирования ДП. 1. Существенное уменьшение количества моделируемых ДП, определяемых только числом сходящихся разветвлений, которое составляет до 20% от общего числа линий. 2. Снижение объема памяти, необходимого для хранения матрицы моделируемых ДП. 3. Простота реализации Hardware Fault Simulator (HFS) в аппаратном исполнении, что позволяет на порядок увеличить быстродействие моделирования ДП. 4. Использование HFS в качестве первой фазы дедуктивно-топологического метода, который основывается на результате обработки сходящихся разветвлений для быстродействующего анализа древовидных структур.

Маршрут моделирования КС с предварительным разбиением модели устройства на две структурные части (сходящиеся разветвления и древовидные подграфы) представлен на рис. 4.

Предложенная технология программно-аппаратного дедуктивно-параллельного моделирования ДП ориентирована на создание моделей дедуктивных примитивов компонентов и связей КС в целях диагностирования ФН. Представлена структурная модель аппарат-

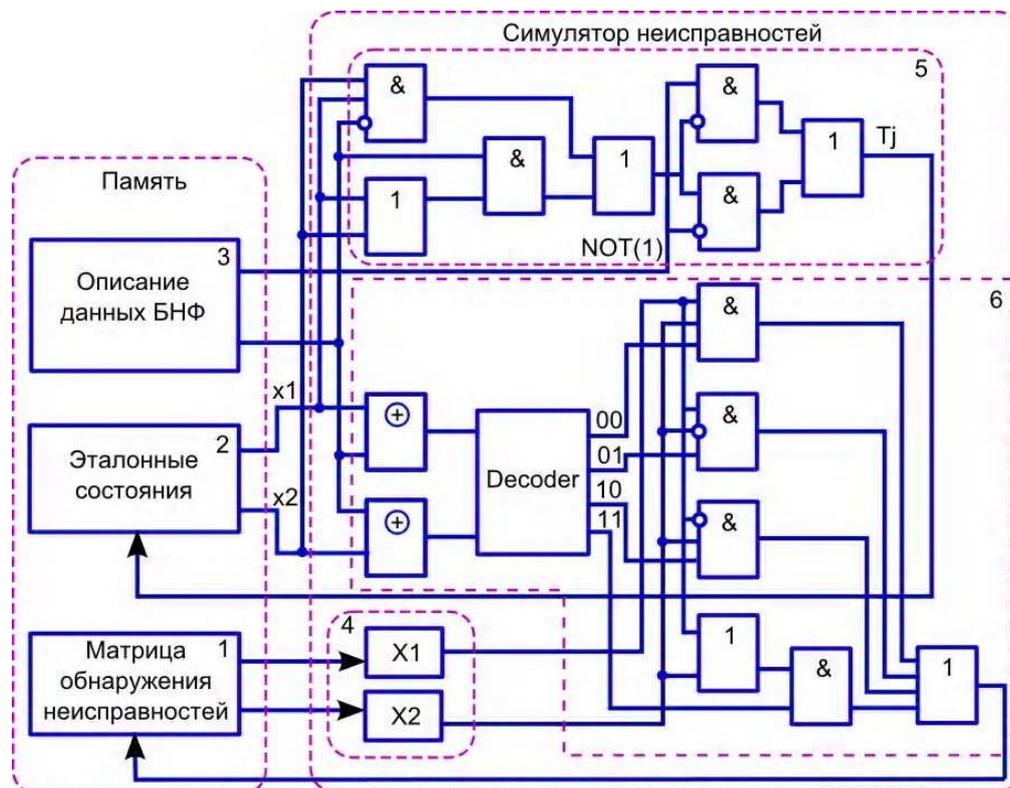


Рис. 3. Структура аппаратного моделирования

ного симулятора и устройства моделирования в целом, которые ориентированы на существенное повышение быстродействия средств моделирования КС большой размерности путем разделения функций корректного анализа и вычисления списков проверяемых ФН на тестовых наборах. Метод дедуктивно-параллельного моделирования дает возможность оценивать качество (полноту) тестов, а также определять все потенциально возможные места существования ФН в целях их последующего устранения.



Рис. 4. Модель процесса дедуктивно-параллельного моделирования

3. Реализация метода проверки работоспособности логических блоков

Существующие методы диагностирования описаны в [4-8] и сводятся к проверке работоспособности элементов оборудования защит путем контроля их реакции на специальные тестовые воздействия, поскольку использование данных о рабочих воздействиях от объекта, как правило, недостаточно. Эти методы реализуют контроль работоспособности на срабатывание либо отдельных блоков и устройств, участвующих в реализации функции защит, либо всего оборудования защит или его части (как минимум инициирующей части защит). Методы обоих типов имеют ряд существенных ограничений и недостатков, подробно рассмотренных и проанализированных в [9].

При этом основное ограничение вытекает из самой структуры элементов оборудования защит («>», «<», «и», «или», «2 из 4-х»), построенных на базе дискретных функций, с выходом, определяемым только двумя состояниями 0 (режим ожидания) или 1 (срабатывание защиты). Это в принципе не позволяет обеспе-

чить выполнение непрерывного контроля работоспособности данных элементов на срабатывание. Метод, предполагающий изменение структуры элементов защит, как средство повышения эффективности контроля (проверки) и диагностирования скрытых неисправностей на несрабатывание, предложен в [9-10]. Основная идея данного метода – функциональный элемент защит на базе арифметических операций формирует значение на всем диапазоне от 0 до 1. При этом в нем отсутствуют какие-либо ветвления (условные переходы), определяющие отличия режима ожидания от режима срабатывания защит. Функция работает одинаково в обоих из этих режимов, что позволяет непрерывно контролировать работоспособность соответствующего функционального элемента. Все функции, которые используются в элементах, строятся на базе арифметических операций (сложение, вычитание, умножение, деление), без применения логических операций и операций отношения, за исключением выходных пороговых элементов формирования команд исполнительным механизмам (ИМ), что связано с физическими принципами работы приводов ИМ.

В настоящей статье представлены результаты дальнейшего исследования метода, предложенного в [9-10], в части разработки математического аппарата на базе работ [5-7], позволяющего использовать естественные «фоновые» флуктуации входных аналоговых сигналов в процессе штатной работы АЭС для функционального диагностирования логических элементов, реализующих алгоритм защит.

Базис данного аппарата приведен в таблице и состоит из следующих основных подходов:

- 1) логические операции заменяются арифметическими с диапазоном входных и выходных переменных в вещественном формате от 0 до 1; входные аналоговые сигналы также нормируются к диапазону от 0 до 1, где 0 соответствует нижней (для уставки «>=») или верхней (для уставки «<=») предельной границе (диапазону) измерения параметра, а 1 соответствует значению уставки (пороговое значение измеряемого параметра); таким образом, значения в диапазоне [0;1) соответствуют нормальному режиму работы (режим ожидания), а значение 1 – нарушениям (режим аварии);
- 2) нелинейный вид арифметического представления стандартных логических операций не является приемлемым для систем критического применения, поскольку может давать потерю значащих разрядов при множественных операциях умножения значений, близких к нулю; для устранения данного эффекта используется интегральное значение (среднее арифметическое) от входных переменных;
- 3) логические операции, содержащие инверсию выхода, ограничивают возможности диагностирования соответствующих элементов алгоритма в режиме ожидания, поскольку инверсия от любых значений в диапазоне [0;1) всегда дает 1; в связи с этим операции инверсии в алгоритмах защит заменяются на эквива-

Таблица. Типовые логические операции и эквивалентные арифметические операции

Логические операции $x_1, \dots, x_n, y \in Z_{0-1} = \{0;1\}$ т.е. вход и выход – целые числа 0 или 1	Эквивалентные арифметические операции $x_1, \dots, x_n, y \in R_{0-1} = \{0, \dots, 1\}$ т.е. x, y – вещественные числа в диапазоне $[0;1]$	
	Нелинейный вид	Интегральный вид
AND $y = (x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_n)$	$y = x_1 * x_2 * \dots * x_n$	$y = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n}$
Non-AND $y = (x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_n)$ в форме без инверсии по выходу: $y = (x'_1 \vee x'_2 \vee \dots \vee x'_n)$ $x'_1 = 1 - x_1; \dots; x'_n = 1 - x_n$ изменяется знак уставки по входным параметрам	$y = 1 - x_1 * x_2 * \dots * x_n$ $y = 1 - (1 - x'_1) * (1 - x'_2) * \dots * (1 - x'_n)$	$y = \frac{1 - x_1 * \dots * x_n}{1 - x_1 * \dots * x_n + D0}$ D0 → 0 защита от деления на 0 (пример : 10^{-38} - минимально значение float 4 байта) $y = 1 - \frac{x'_1 + \dots + x'_n}{n} * \frac{(1 - x'_1) * \dots * (1 - x'_n)}{(1 - x'_1) * \dots * (1 - x'_n) + D0}$
OR $y = (x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_n)$	$y = 1 - (1 - x_1) * (1 - x_2) * \dots * (1 - x_n)$	$y = 1 - \frac{1 - \frac{x_1 + \dots + x_n}{n}}{1 - \frac{x_1 + \dots + x_n}{n} + D0} * \frac{(1 - x_1) * \dots * (1 - x_n)}{(1 - x_1) * \dots * (1 - x_n) + D0}$
Non-OR $y = (x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_n)$ в форме без инверсии по выходу: $y = (x'_1 \wedge x'_2 \wedge \dots \wedge x'_n)$ $x'_1 = 1 - x_1; \dots; x'_n = 1 - x_n$ изменяется знак уставки по входным параметрам	$y = (1 - x_1) * (1 - x_2) * \dots * (1 - x_n)$ $y = x'_1 * x'_2 * \dots * x'_n$	$y = \frac{(1 - x_1) * \dots * (1 - x_n)}{(1 - x_1) * \dots * (1 - x_n) + D0}$ $y = \frac{x'_1 + \dots + x'_n}{n}$
XOR $y = (x_1 \vee \dots \vee x_n) \wedge \overline{(x_1 \wedge \dots \wedge x_n)}$	$y = (1 - (1 - x_1) * (1 - x_2) * \dots * (1 - x_n)) * (1 - x_1 * x_2 * \dots * x_n)$	$y = \frac{1 - \frac{x_1 + \dots + x_n}{n}}{1 - \frac{x_1 + \dots + x_n}{n} + D0} * \frac{(1 - x_1) * \dots * (1 - x_n)}{(1 - x_1) * \dots * (1 - x_n) + D0} * \frac{1 - x_1 * \dots * x_n}{1 - x_1 * \dots * x_n + D0}$
«2оо3» (2 из 3-х) $y = (x_1 \wedge x_2) \vee (x_1 \wedge x_3) \vee (x_2 \wedge x_3)$	$y = 1 - (1 - x_1 * x_2) * (1 - x_1 * x_3) * (1 - x_2 * x_3)$	$y = 1 - \frac{1 - \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}}{1 - \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} + D0} * \frac{(1 - x_1 * x_2) * (1 - x_1 * x_3) * (1 - x_2 * x_3)}{(1 - x_1 * x_2) * (1 - x_1 * x_3) * (1 - x_2 * x_3) + D0}$

<p>RS trigger (Restart-prior) $y_i = ((S \vee y_{i-1}) \vee R) \wedge R$</p>	<p>$y_i = (1 - (1 - S) * (1 - y_{i-1})) * (1 - R)$</p>	<p>$y_i = 1 - \frac{1 - S + R}{2} * \frac{(1 - S) * (1 - y_{i-1})}{(1 - S) * (1 - y_{i-1}) + D0} * \frac{1 - R}{1 - R + D0}$</p>
<p>RS trigger (Set-prior) $y_i = ((S \vee y_{i-1}) \vee R) \vee S$</p>	<p>$y_i = 1 - (1 - (1 - R) * (1 - (1 - y_{i-1}) * (1 - S)))$</p>	<p>$y_i = 1 - \frac{1 - R}{1 - R + D0} * \frac{1 - S}{1 - S + D0} * \frac{1 - y_{i-1}}{1 - y_{i-1} + D0}$</p>
<p>Пример №1: $y = (x_1 \vee x_2) \wedge x_3$</p>	<p>$y = (1 - (1 - x_1) * (1 - x_2)) * (1 - x_3)$</p>	<p>$y = 1 - \frac{1 - x_1 + x_2 + x_3}{3} * \frac{(1 - x_1) * (1 - x_2)}{(1 - x_1) * (1 - x_2) + D0} * \frac{1 - x_3}{1 - x_3 + D0}$</p>
<p>Пример №2: $y = (x_1 \vee x_2) \wedge x_3$ в форме без инверсии по выходу: $y = (x'_1 \wedge x'_2) \vee x'_3$ изменяется знак уставки по входным параметрам</p>	<p>$y = (1 - (1 - x_1) * (1 - x_2)) * (1 - x_3)$ $y = 1 - (1 - x'_1 * x'_2) * x'_3$</p>	<p>$y = 1 - \frac{1 - x_1 + x_2 + x_3}{3} * \frac{(1 - x_1) * (1 - x_2)}{(1 - x_1) * (1 - x_2) + D0} * \frac{1 - x_3}{1 - x_3 + D0}$ $y = 1 - \frac{x'_1 + x'_2 + x'_3}{3} * \frac{1 - x'_1 * x'_2}{1 - x'_1 * x'_2 + D0} * \frac{x'_3}{x'_3 + D0}$</p>

лентные логические операции без инверсии за счет изменения знака уставки (порогового) значения входных сигналов.

Заключение

Математический аппарат метода:

1) Представлена структурная модель отношений на множестве из четырех основных компонентов тестирования и диагностики (функциональность, КС, тест, ФН), которая характеризуется полным хо-взаимодействием всех вершин графа на множестве и транзитивной обратимостью каждой триады отношений, что позволяет определить и классифицировать пути решения практических задач, включая синтез тестов, моделирование и поиск ФН. Отличительная особенность – использование, вместо бинарной арифметики, многомерного (многоразрядного) представления входных, выходных данных и процессов их обработки в логических схемах КС.

2) Предложен дедуктивный метод поиска ФН в КС на базе сопоставления данных между КС и моделью с целью обнаружить ФН штатных (функциональных) режимах работы КС. Представлена структурная модель аппаратного симулятора и устройства моделирования в целом, которые ориентированы на существенное повышение быстродействия средств моделирования КС большой размерности путем разделения фун-

кций корректного анализа и вычисления списков проверяемых ФН на тестовых наборах.

Реализация метода:

1) Обеспечивает диагностирование следующих видов скрытых неисправностей типа «несрабатывание»: дефекты функциональных элементов, характеризуемые несоответствием значений входных и выходных переменных проекту алгоритму; неисправности связей между функциональными элементами, характеризуемые отсутствием или искажением данных между источником и приемником.

2) Обеспечивает контролепригодность путем замены логических операций на арифметические с диапазоном входных и выходных переменных в вещественном формате от 0 до 1, при этом значения в диапазоне [0;1) соответствуют нормальному режиму работы (режим ожидания), а значение 1 – нарушениям (режим аварии).

3) Обеспечивает контроль прохождения любого изменения значения входного сигнала, в пределах разрешающей способности используемых АЦП, от входа через все функциональные элементы («сравнение с пороговым значением», «и», «или», «2 из 3»), в которых участвует данный сигнал, до дискретного элемента управления исполнительным механизмом.

Литература: 1. Бондаренко М.Ф., Хаханов В.И., Литвинова Е.И. Структура логического ассоциативного мульти-процессора // Автоматика и телемеханика. 2012. № 10. С. 71-92. 2. Хаханов В.И., Литвинова Е.И., Чумаченко С.В., Гузь О.А. Логический ассоциативный вычислитель // Электронное моделирование. 2011. № 1(33). С. 73-89. 3. Hahanov V., Wajeb Gharibi, Litvinova E., Chumachenko S. Information analysis infrastructure for diagnosis // Information an international interdisciplinary journal. 2011. Japan. Vol.14, № 7. P. 2419-2433. 4. НП 306.2.141-2008. Общие положения безопасности атомных станций. К: ГКЯРУ, 2008. 42 с. 5. Protecting against common cause failures in Digital I&C Systems of Nuclear Power Plants: Nuclear Energy Series / International Atomic Energy Agency. Vienna: IAEA, 2009. No. NP-T-1.5. 65 p. 6. Ястребенецкий М.А. Информационные и управляющие системы АЭС Украины: результаты и проблемы / М.А. Ястребенецкий // Проблемы обеспечения безопасности информационных и управляющих систем АЭС.: сб. науч. тр. Одесса: «Астропринт», 2010. С. 9-19. 7. Modern Instrumentation and Control for Nuclear Power Plants: Technical Reports Series / International Atomic Energy Agency. -Vienna: IAEA, 1999. No. 387. 629 p. 8. Application of the Single Failure Criterion: Safety Series / International Atomic Energy Agency. Vienna: IAEA, 1990. No. 50-P-1. 134 p. 9. Герасименко К.Е. Методы непрерывного контроля и диагностирования оборудования управ-

ляющих систем безопасности энергоблоков АЭС по функции защит / К.Е. Герасименко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. 2010. №3 (44). С. 152-156. 10. Герасименко К.Е. Использование непрерывных функций в элементах оборудования защит АЭС для диагностирования неисправностей типа «несрабатывание по требованию» / К.Е. Герасименко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. 2011. №1 (49). С. 29-33.

Поступила в редколлегию 14.10.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Литвинова Е.И.

Хаханов Владимир Иванович, декан факультета КИУ ХНУРЭ, д-р техн. наук, профессор кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: техническая диагностика цифровых систем, сетей и программных продуктов. Увлечения: баскетбол, футбол, горные лыжи. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326. E-mail: hahanov@kture.kharkov.ua.

Герасименко Константин Евгеньевич, заведующий отделом информационно-управляющих систем ЧАО «СНПО «Импульс»». Научные интересы: техническая диагностика цифровых систем управления объектами с повышенными требованиями к безопасности и надежности. Адрес: Украина, 93405, Северодонецк, пл. Победы 2, тел. 60194. E-mail: gerasymenko.k.e@yandex.ua.

УДК519.7

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОБЩЕЙ МОДЕЛИ СЛОВОИЗМЕНЕНИЯ ИМЕН ПРИЛАГАТЕЛЬНЫХ РУССКОГО ЯЗЫКА

КАМЕНЕВА И.В., АФАНАСЬЕВ А.С.

Рассматривается работа разработанного приложения AdjNet, основанная на общей модели словоизменения прилагательных русского языка, на примерах решения задач синтеза, анализа и нормализации словоформ, а также анализируется произношение полных непритяжательных имен прилагательных, представленных в звуковой форме.

Введение

На протяжении многих лет предпринимались попытки автоматизации процесса выявления слов из текста и их классификации, были разработаны модели существительных, глаголов, прилагательных [1-4]. Полная автоматизация процесса корректировки, анализа и нормализации естественно-языкового текста не была продемонстрирована ни в одной из работ с частями речи в полной мере. Школой М.Ф. Бондаренко и Ю.П. Шабанова-Кушнаренко «Бионика интеллекта» уже разработаны модель полных непритяжательных имен прилагательных [1], модель полных непритяжательных имен прилагательных, представленная звуковой формой [4]. Разработанная нами модель кратких имен прилагательных [5] помогла приблизиться к построению общей полной модели словоизменения прилагательных русского языка [6].

На основании трех указанных вышемоделей реализовано программное приложение AdjNet. Оно позволяет автоматизировать процесс работы эксперта в задачах синтеза, анализа и нормализации текста с именами прилагательными.

Приложение AdjNet основано на модели реляционной сети логической мозгоподобной структуры [7]. В основе определения понятия мозгоподобной структуры лежит понятие отношения. Школой разработана алгебраическая система предикатов для формульного представления отношений и действий над ними [8]. Данная система делится на алгебру имен предикатов и модель предикатов. Схемная реализация формул, описывающих алгебро-логические структуры, приводит к логическим сетям – функциональным и реляционным [9, 10]. Программа AdjNet представляет собой приложение, которое позволяет моделировать процесс склонения и словоизменения прилагательных русского языка на основании полной модели склонения непритяжательных имен прилагательных, полной модели склонения непритяжательных имен прилагательных, представленных в звуковой форме, и модели кратких имен прилагательных.

Подробная структура программно приложения представлена на рис. 1.

AdjNet имеет удобный интерактивный интерфейс, при работе с которым пользователь будет получать исчерпывающую информацию об общем словоизменении имен прилагательных русского языка. Работа программы изображена на диаграмме вариантов использования (Use case) (рис. 2).

АННОТАЦИИ

УДК 681.324:519.613

МЕТОД ПРИРАЩЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕСТОПРИГОДНОСТИ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

ХАХАНОВ В.И., ГЕРАСИМЕНКО К.Е.

Разрабатывается математический аппарат и метод приращений для повышения контролепригодности критических систем управления. Отличительной особенностью метода от существующих является использование логических элементов защит, построенных на базе арифметических операций с интегральной оценкой значений входных сигналов в диапазоне $[0;1]$, без использования логических операций и операций отношения. Это позволяет проверять работоспособность данных элементов по их реакции на изменения входного непрерывного сигнала от канала ввода в АЦП через все логические элементы защит, в которых используется данный сигнал, до дискретного выходного элемента, формирующего команду защиты на конкретный исполнительный механизм. Данный метод позволяет обеспечить контроль и диагностирование целого ряда неисправностей типа «несрабатывание», относящихся к категории скрытых в существующих реализациях оборудования защит, которые используют логические операции и операции отношения.

ABSTRACTS

UDC 681.326:519.613

Method of critical control systems diagnosability improving / V.I. Hahanov, K.E. Gerasymenko // Radioelektronika i informatika. 2012. №3. P.45-52.

A method for improving diagnosability of control safety system is proposed. It is characterized by using functional elements (compared to the set point, “and”, “or”, “2 of 4”), based on arithmetic operations without using logical instructions. The method allows managing the efficiency of security features in their response to changes in the input continuous signal and it is focused on detection and diagnosis of latent faults such as “failure on demand”.

Tab. 1. Fig. 4. Ref.: 10 items.

РЕФЕРАТИ

УДК 681.326:519.713

Метод прирощень підвищення тестопридатності логічних схем керування критичними системами / В.І. Хаханов, К.Є. Герасименко // *Радіоелектроніка та інформатика*. 2012. № 3. С.45-52.

Запропоновано метод підвищення контролепридатності обладнання захисту керуючої системи безпеки, який характеризується використанням функціональних елементів (порівняння з уставкою, «і», «або», «2 з 4»), побудованих на базі арифметичних операцій без використання логічних команд. Метод дозволяє контролювати працездатність елементів захистів за їх реакцією на зміни вхідного безперервного сигналу і орієнтований на контроль та діагностування прихованих несправностей типу «неспрацювання».

Табл. 1. Іл. 4. Бібліогр.: 10 назв.